

GRUNDSÄTZE ZUM EINSATZ VON LUFTGESTÜTZTEN UND TERRESTRISCHEN LASERSCANNERVERFAHREN IM BERGBAU

Deutscher Markscheider-Verein e.V., Arbeitsgruppe Laserscanning, Herne 2008

Stand: 14.04.2008

Ausgabe: 26.06.2008

Versionen:

1.0	26.04.2007
2.0	20.06.2007
3.0	07.08.2007
3.1	27.08.2007
4.0	30.09.2007
4.1	14.04.2008

Copyright:

Deutscher Markscheider-Verein e.V.
Shamrockring 1
44623 Herne
Tel. +49 (0)2323-15-4660
eMail: geschaeftsstelle@dmv-ev.de

Gliederung

1. Zielsetzung, Vorgehensweise	4
2. Allgemeines.....	5
2.1 Vorschriften.....	5
2.2 Laserscanning im Bergbau	5
2.3 Einsatzbereiche (Beispiele).....	6
2.4 Beschreibung des Messverfahrens.....	6
3. Messung.....	7
4. Auswertung und Ergebnisse	8
5. Genauigkeiten, Kalibrierung, Geräteprüfung.....	9
6. Abkürzungen.....	9

1. ZIELSETZUNG, VORGEHENSWEISE

In den letzten Jahren wurde die Technologie des Laserscannings deutlich weiterentwickelt und hat mit luftgestützten und terrestrischen Verfahren zunehmend Eingang in die Vermessung, auch für bergbauliche Aufgabenstellungen, gefunden.

Diese Grundsätze geben den Anwendern und verantwortlichen Personen in der betrieblichen und behördlichen Praxis des Bergbaus grundlegende Informationen zu den Laserscannerverfahren und ihren möglichen Einsatzgebieten.

Dabei wird auf die Anwendung von Laserscannermessungen für gesetzlich und behördlich vorgeschriebene markscheiderische Aufgaben, z.B. zur Übernahme von Messergebnissen ins Risswerk oder Überwachungen nach § 125 BBergG, und besondere betriebliche Nutzungen eingegangen.

Die Erarbeitung der Grundsätze erfolgte durch eine Adhoc-Arbeitsgruppe des Deutschen Markscheider-Vereins e.V. (DMV) im Zeitraum November 2006 bis September 2007.

Folgende Fachleute haben mitgewirkt:

Norbert Benecke, DMT GmbH & Co KG (Obmann)

Thomas Bulowski, RWE Power AG

Wolfgang Busch, TU Clausthal – Institut für Geotechnik und Markscheidewesen

Joachim Deutschmann, RAG Aktiengesellschaft

Andreas Fischer, K+S Kali GmbH

Andreas Frische, BR Arnsberg, Abt. 6

Jörg Fugmann, arguplan GmbH

Sven Jany, Milan Geoservice GmbH

Hans-Jochen Kowar, Vattenfall Europe AG

Rainer Kuchenbecker, DMT GmbH & Co KG

Moritz Ostenrieder, Ing.-Büro Ostenrieder

Olaf Wallner, Wismut GmbH

2. ALLGEMEINES

2.1 Vorschriften

Für markscheiderische und sonstige vermessungstechnische Arbeiten im Zusammenhang mit Tätigkeiten und Einrichtungen nach § 2 Bundesberggesetz (BBergG) sowie für Messungen zur Erfassung von Bodenbewegungen nach § 125 BBergG können Verfahren des Laserscannings eingesetzt werden.

Verfahren des Laserscannings sind keine Sonderverfahren nach § 7 Abs. 1 der Verordnung über markscheiderische Arbeiten und Beobachtungen der Oberfläche (Markscheider-Bergverordnung - MarkschBergV).

Zur Umsetzung der Vorschriften der MarkschBergV bei Verfahren des Laserscannings werden die folgenden Grundsätze herausgegeben, die den derzeitigen Stand der Technik berücksichtigen¹. Die Einhaltung der Forderungen der MarkschBergV hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit von Messungen wird vermutet, soweit die Grundsätze beachtet werden.

Beim Einsatz von Laserscannern unter Tage sind zusätzlich die jeweils gültigen Vorschriften zum Einsatz von Lasergeräten unter Tage, ggf. auch Regelungen zum Explosionsschutz zu beachten.

2.2 Laserscanning im Bergbau

In diesen Grundsätzen werden Vermessungsverfahren für den über- und untertägigen Bergbau behandelt, die mittels Laserscannertechnologie und mit geodätischer Genauigkeit luftgestützt oder terrestrisch, statisch oder kinematisch Geländeformationen, Bauwerke, technische Einrichtungen und Geräte (u.a.m.) abtasten und als 2D - oder 3D - Punktwolken darstellen können. Durch Auf- und Nachbereitungen der Messdaten lassen sich anwendungsspezifische Darstellungen erzeugen. Aus wiederholten Aufnahmen lassen sich Zustandsveränderungen ermitteln.

Dabei werden für das Airborne-Laserscanning (ALS) sowie das Terrestrische Laserscanning (TLS) im übertägigen (üT) und untertägigen (uT) Einsatz die wesentlichen Punkte bzgl. Messung, Auswertung und Ergebnisse sowie zu Genauigkeiten, Kalibrierung, Geräteprüfung beschrieben.

¹ Bei Bedarf sind diese Grundsätze an den jeweiligen Stand der Technik anzupassen.

2.3 Einsatzbereiche (Beispiele)

Grundsätzlich sind Laserscannerverfahren, ggf. in Kombination mit anderen Verfahren (z.B. Tachymeter- oder GPS-Messungen zur Einbindung der Messergebnisse in ein Koordinatensystem), für fast alle markscheiderischen Aufgabenstellungen im Bergbau geeignet. Ob ein Einsatz sinnvoll ist, ist im Einzelfall zu entscheiden.

Typische Einsatzbereiche für Airborne Laserscanning sind die Erstellung großräumiger digitaler Höhenmodelle oder die Volumenbestimmung von Halden und Abbaubereichen im Tagebau.

Typische Einsatzbereiche für terrestrisches Laserscanning über Tage sind ebenfalls die Erstellung digitaler Geländemodelle oder die Volumenbestimmung von Halden, Kippen und Abbaubereichen im Tagebau oder Sanierungsbergbau. Hinzu kommen beispielsweise noch die Erfassung von Betriebsanlagen und die Überwachung von Bewegungsvorgängen.

Typische Einsatzgebiete für das terrestrische Laserscanning unter Tage sind die Erfassung großer untertägiger Bauwerke oder Hohlräume (z.B. Abbaukammern, Bunker, Schächte, Füllörter), die Abnahme von Bauarbeiten (z.B. Kontrolle von Auffahrungsquerschnitten oder Betondicken), die Erfassung von Betriebsanlagen, Konvergenzüberwachungen und Engpassanalysen.

2.4 Beschreibung des Messverfahrens

Ein Laserscanner misst Strecken und Winkel mittels eines Laserstrahls, der in einem vorgegebenen Bereichsfenster in einem vorgegebenen Raster mit hoher Geschwindigkeit kontrolliert abgelenkt wird und von beliebigen Oberflächen reflektiert wird. Das Messen einzelner ausgewählter Punkte ist nicht möglich. Das Laserscanning ist ein Polar-Messverfahren.

Für jeden Messpunkt werden aus den Messungen (2 Winkel und 1 Strecke) lokale kartesische Koordinaten (x,y,z) abgeleitet. Zusätzlich steht für jeden Messpunkt ein „Reemissionswert“ (i) zur Verfügung, der die Reflektivität des Objektes beschreibt. Falls der Scanner über eine kalibrierte Digitalkamera verfügt, können zu jedem Messpunkt z.B. RGB-Farbwerte gespeichert werden.

Ein erstes Ergebnis ist eine einfärbare dreidimensionale Punktwolke, deren Dichte durch die eingestellte Auflösung des Scanners bestimmt wird. Die Einfärbung kann z.B. aufgrund der gemessenen Intensität, der RGB-Farbwerte oder der Höhe erfolgen. Anhand dieser visualisierten Punktwolke ist bereits vor Ort eine erste Kontrolle der Messergebnisse möglich.

Es wird unterschieden zwischen statischen und kinematischen Messanordnungen.

Bei den **statischen** Messungen wird das verwendete Instrument fest aufgestellt (z.B. Stativ) und misst aus dieser Position die relevanten Objekte ein. Über identische Punkte können Punktwolken mehrerer Messungen zusammengeführt werden. Die Orientierung kann über koordinativ bekannte Passpunkte erfolgen.

Beim **kinematischen** Verfahren ist der Laserscanner während des Messvorgangs in Bewegung (z.B. beim Airborne Laser Scanning unter einem Fluggerät oder beim Terrestrischen Laser Scanning auf einem Fahrzeug). Dabei liefern in der Regel satellitengestützte Messverfahren und inertielle Navigationssysteme die Position des Laserscanners und die Richtung des Laserstrahls im Raum. Mit diesen Eingangswerten können die dreidimensionalen Koordinaten jedes Reflektionspunktes berechnet werden.

Die Auswertung von Daten aus Laserscanner-Messungen erfolgt meistens in mehreren Schritten und ist abhängig von den Abläufen und Funktionalitäten der jeweiligen Auswertungssoftware. In das Risswerk fließen Ergebnisse dieser Auswertungen ein wie z.B. Bruchkanten, Höhenlinien, Gebäudekonturen, Streckengeometrien oder Rohrleitungslinien.

3. MESSUNG

- (1) Für die Anbindung einer Laserscannermessung an das amtliche Festpunktfeld gelten die Vorschriften der Markscheider- Bergverordnung bzw. die Grundsätze zum Einsatz von satellitengeodätischen Verfahren im Bergbau.
- (2) Vor dem erstmaligen Einsatz, bei Änderung der Konfiguration der Komponenten des Laserscannersystems sowie, falls erforderlich, innerhalb einer Messkampagne ist das Laserscannersystem an eindeutig definierten Objekten zu überprüfen.
- (3) Die als unmittelbares Ergebnis einer Messung registrierten Daten werden als Rohdaten bezeichnet.
- (4) Aus den Rohdaten werden durch projektspezifische Verarbeitungsschritte (z.B. Fehlerbereinigung, Filteroperationen, Anbringung von Korrekturwerten) die gemessenen Werte im Sinne der Markscheider- Bergverordnung abgeleitet.
- (5) Die gemessenen Werte (gemäß Abs. 4) werden in einer Datei gespeichert. Von Ausdrucken nach Anlage 2 Nr. 2.1.2 Satz 1 Markscheider- Bergverordnung kann mit Zustimmung der zuständigen Behörde abgesehen werden, wenn gewährleistet ist, dass der Inhalt der Datei dauerhaft sicher gespeichert ist und ein Ausdrucken unverzüglich möglich ist.
- (6) Vor Messungsbeginn und während der Messung sind die Daten zu erfassen und in einer Messungsniederschrift zu dokumentieren, welche zur Auswertung, Berechnung und Beurteilung der Ergebnisse notwendig sind.
- (7) Die Messungsniederschrift muss folgende Angaben enthalten:
 1. den Ort, Zweck und Tag der Messung
 2. die Namen der Ausführenden
 3. die Instrumente und Geräte mit Angabe des Herstellers und der Fabrikationsnummer
 4. die zu berücksichtigenden gerätebezogenen Konstanten und Korrektur- und Einstellwerte

5. die Angaben über den Anschluss und den Abschluss der Messung
6. die Angaben über Umstände, die das Messungsergebnis beeinflussen können, wie Witterung oder Temperatur, bzw. (unter Tage) Wetterzug, Temperatur, Staubbildung oder Tropfwasser
7. die Hinweise auf die Berechnungsniederschrift und die Übernahme in rissliche Darstellungen
8. die Angaben über weitere zugehörige Messungen (Messungsübersicht)
9. bei kinematischen Aufnahmen eine Übersicht des Instrumentenweges während der Aufnahme sowie die relevanten Zeitangaben (Messungsanfang und –ende), bzw. (beim ALS) eine Flugstreifenübersicht sowie die relevanten Zeitangaben (Messungsanfang und -ende)
10. den Namen der Datei der gemessenen Werte und deren Speicherort und die erforderlichen Erläuterungen

4. AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE

- (1) Die Ergebnisse der Auswertung von Laserscannerdaten richten sich nach dem jeweiligen Anwendungszweck und können sehr unterschiedlich sein.
- (2) Die Bearbeitungsschritte der Auswertung sind nachvollziehbar zu dokumentieren und die dabei verwendeten Programme sind zu benennen und den einzelnen Bearbeitungsschritten zuzuordnen.
- (3) Werden die Scannerdaten für Aufgabenstellungen im Zusammenhang mit dem Risswerk verwendet, so sind die Daten in das jeweils gültige Koordinatensystem zu transformieren, In anderen Fällen kann die Verwendung örtlicher Koordinatensysteme ausreichend sein.
- (4) Die berechneten Werte werden in einer Datei gespeichert. Von Ausdrucken nach Anlage 2 Nr. 2.2.2 Satz 1 MarksbergV kann mit Zustimmung der zuständigen Behörde abgesehen werden, wenn gewährleistet ist, dass der Inhalt der Datei dauerhaft sicher gespeichert ist und ein Ausdrucken unverzüglich möglich ist.
- (5) Es ist eine Berechnungsniederschrift zu erstellen, die folgende Angaben enthalten muss:
 1. den Ort, Zweck und Tag der Messung
 2. die Namen der Berechnenden und der Kontrollierenden, bei Datenverarbeitungsanlagen die Typen- und Programmbezeichnungen, die Namen der Datenerfasser
 3. die Eingabewerte aus der Messungsniederschrift
 4. die Anschluss- und Abschlusswerte mit Hinweisen auf die Entnahmestellen

5. den Namen der Datei der berechneten Werte und deren Speicherort und die erforderlichen Erläuterungen
6. die Angaben über Messungsdifferenzen, ihre Verteilung oder Ausgleichung sowie über die Genauigkeit, wenn der Zweck der Messung es erfordert
7. die Hinweise auf die Messungsniederschrift und die Übernahme in rissliche Darstellungen

5. GENAUIGKEITEN, KALIBRIERUNG, GERÄTEPRÜFUNG

Für den Laserscanner sowie mit dem Laserscanner verbundene Komponenten (z.B. Digitalkamera) und die zur Messwertkorrelation bei kinematischen Messungen notwendige Technik (z.B. GPS/INS) sind die Datenblätter der Hersteller mit folgenden zusätzlichen Angaben vorzuhalten:

1. Bezeichnung und Fabrikationsnummer
2. Baujahr
3. Letzte Kalibrierung / Prüfung

6. ABKÜRZUNGEN

BBergG	Bundesberggesetz
MarschBergV	Markscheider Bergverordnung
2D / 3D	Zwei- bzw. dreidimensional
RGB	Rot-Grün-Blau Farbwerte
ALS	Airborne Laser Scanning Luft-/Flugzeug-gestütztes Laservermessungsverfahren
TLS	Terrestrisches Laser Scanning Erdegebundenes Laservermessungsverfahren
TLS üT	über T age angewendet
TLS uT	unter T age angewendet
GPS	Global Positioning System